

1. Kutatási célok, elvégzett feladatok, felhasznált módszerek, vonatkozó publikációk:

A) Célok I.: A Pannon-medence közép-Dunavölgyi régiója hidrogeológiai szempontból különleges helyzetű, mert itt az Alföld felszínalatti vízáramlási jellemzői tipizálhatók. Domborzatilag hátsági és völgy területekből épül fel, földtanilag a medencealjzat változatos felépítése mellett felszíne meredeken lejt Ny-ról K-re, a Duna-völgyben közelíti meg leginkább a térfelszínét. **Ennek következtében kutatásainkban célul tűztük ki a Duna-Tisza közének Dömsöd és Paks, valamint Martfű és Csongrád között húzódó 100km x 65km-es régiójára vonatkozóan: 1) a vízáramlási kép rekonstruálását, 2) a jegyek alapján a Duna-Tisza közére jellemző és az Alföldre is általánosítható jegyek és összefüggések megállapítását.**

1. Az áramkép rekonstruálására a "fokozatos fókuszálás elvét" - mint vizsgálati közelítést – bevezettük és alkalmaztuk (Mádlné Szőnyi et al., 2005; MHT Vitális Sándor Szakirodalmi Nívódíj, 2006).

2. Kísérletet tettünk a fókuszálási lépcsőkhöz illeszkedő, a felszín felé egyre finomodó hidrosztratigráfiai (Maxey, 1964) beosztás kidolgozására. (Mádlné Szőnyi et al., 2005; Mádlné Szőnyi J., 2006; Mádl-Szőnyi J., Tóth J. 2007 submitted a, b).

3. Az áramkép szempontjából meghatározó szerkezeti elemek kimutatásához szeizmikus szelvényeket értelmeztünk. Nemcsak a szerkezetek azonosítására törekedtünk, de azok hidraulikai szerepének fejlődéstörténetbe helyezett értelmezésére is (Mádlné Szőnyi et al., 2005; Mészáros E., 2005; Mádlné Szőnyi J., Tóth J., 2007).

3. A regionálistól a lokálisig terjedő skálán, teljeskörű archív adatfeldolgozásra támaszkodva vizsgáltuk az áramkép jegyeit (hidrosztratigráfia, hidrotektonika, potenciálkép, a rendelkezésre álló kémiai komponensek eloszlása). Szisztematikus hidraulikai, víz-rétegtani, hidro-tektonikai feldolgozásokat és kémiai értelmezéseket végeztünk „mély regionális”, „sekély regionális” és „lokális” léptékben. A „mély” elemzések kiterjedtek egészen a medencealjzatig, míg a felső-pannoniai és a negyedidőszaki képződményeket magában foglaló felső, 350-400 m vastag rétegtani egységet külön vizsgáltuk a „sekély” feldolgozás keretében. Végezetül a „lokális” Duna-völgyi kutatási területen belül nagyléptékű vizsgálatokat végeztünk a felszínközeli összletre vonatkozóan (Mádlné Szőnyi et al., 2005; Mádlné Szőnyi J., 2006; Mádl-Szőnyi J., Tóth J. 2007 submitted a, b).

4. Következtetéseinket a Duna-Tisza közí áramkép sajátosságaiból kiindulva, általánosított formában foglaltuk össze annak érdekében, hogy e jegyek alapján az Alföld egészének áramképére kiterjeszthető jegyeket tudjunk megállapítani (Mádlné Szőnyi J., 2006; Mádl-Szőnyi J., Tóth J. 2007 submitted a, b).

B) Célok II.: A megismert felszínalatti vízáramlási kép aktuogeológiai folyamatokra gyakorolt hatását – a felszínalatti vízáramlások földtani hatótényező szerepére (Tóth, 1981) alapozva - 1) a tóvíz-felszínalatti víz kölcsönhatás; 2) a szikesedés sóforrásának eredete; valamint az áramképnek a 3) növényzeti mintázatokra gyakorolt hatása szempontjából értékeltük.

1. A vizsgált régióra vonatkozóan regionális léptékben elemeztük az összefüggést a ki- és beáramlási területek, valamint a területen található édes és sós vizű tavak és wetland-ek elhelyezkedése között (Mádlné Szőnyi et al. 2005; Mádlné Szőnyi J., 2006; Mádl-Szőnyi J., Tóth J. 2007 submitted a, b).

2. Szintén regionális léptékben, a felszín alatti vízáramlási kép és a kapcsolódó - archív adatokból elemezhető - kémiai jegyek ismeretében kerestünk választ a szikesedés sóforrására (Mádlné Szőnyi J., Tóth J., 2007).

3. Lokális skálán a Kolon-tó és Kelemenszék, valamint a Duna-völgyi szikesek É-D-i sávjában értékeltük a felszín alatti vízáramlási kép, vízkémia, valamint az édesvízi és sósvízi mocsarak és a szikesek elterjedése közötti kapcsolatot.

4. A Kelemenszék és a Kolon-tó közelsége (Ny-K-i irányban: 13 km) és kémiai eltérő jellege lehetővé tette, hogy a két tó közötti területre levezetett vízáramlási és kémiai határt geofizikai eszközökkel is vizsgáljuk. Az RMT módszert és a Schlumberger szondázást használtuk a pórusfolyadék oldott-anyag tartalmában mutató különbségek kimutatásához (Simon Sz., 2006; 2007 a,b; Simon Sz., Müller I., 2008).

5. A Kelemenszék felszín alatti vizekkel történő táplálását történelmi léptékben - katonai felmérési térképek, vízrendezési adatok alapján - történő ellenőrzésével nyomon követtük a tó kiterjedésének természetes és emberi eredetű változásait. Mivel a felszín alatti vízáramlási képet alapvetően befolyásoló tényezők (domborzat, geológia, klíma) változási időintervalluma jóval hosszabb, mint az általuk előidézett felszíni jelenségek alkalmazkodási igénye (természetes vegetáció, talajképződés) ezért ezeknek a hatásoknak – a vizsgált pár száz éves időintervallumban – hasonló elrendeződésben kell jelentkezniük (Bakondi I., 2005).

6. A Kelemenszék, mint sekély (30-80 cm mély) tó kiterjedésének és mélységi morfológiájának ismeretére szükség volt - a tóra felállítani kívánt vízmérleghez - a tóban tározódó vízmennyiség megállapításához (Simon Sz. doktori kutatásai). A tótérképezés módszerének kidolgozásához Meinzer (1923, 1960); Meyboom et al. (1966), Meyboom (1967); Engelen & Kloosterman (1996); Klijn & Witte (1999) megállapításait használtuk. Ezek értelmében az „alulról” táplálódó tavak övezetes növényzettel bírnak. Térképezési metódust dolgoztunk ki a tó körüli szikes padkák, valamint a növényzet feltérképezésére. A növényzeti zónák vízigényéből tudtuk becsülni a vízmélységet a parti sávban, míg a nyílt víztükrű területeken szabályos háló menti méréseket végeztünk 2006 októberében 2019 GPS pont felvételével (Czauner et al, 2006 Országos Tudományos Diákköri Konferencián I. helyezett TDK dolgozat; Czauner et al, 2007 a, b).

7. A Kelemenszék környéki vizsgálatok és észlelések a tóköznyezet hidrosztratigráfiájának és potenciálképének, továbbá a tóvíz és a felszín alatti vizek közötti kölcsönhatások térbeli és időbeli megismerésére irányultak. Ennek érdekében öt kútból álló megfigyelőrendszert (kútkiképzés és 2 levelogger jelen OTKA-ból finanszírozva, 2 levelogger DATAQUA ajándéka) valamint meteorológiai állomást alakítottunk ki (a meteorológusokkal együttműködve NKFP pályázataiból finanszírozva). A területen 1-1,5 éven keresztül észleléseket ill. helyszíni regisztrációt végeztünk. A megfigyelésbe bevontuk a tavat és a tó környezetében található talajvízkutakat (20 db), csatornákat (Weidinger et al. 2007; Simon Sz. doktori kutatásai).

8. A tóköznyezet hidrosztratigráfiai felépítését (1,5 km x 0,5 km-es) területre 10 m mélységig rekonstruáltuk, felhasználva a MÁFI Alföld térképezés (Kuti L., Körössy L., 1989) sekély fúrásainak szemcseeloszlási eredményeit és saját fúrásaink laboreredményeit. Megvizsgáltuk a tómeder üledék és a fúrt kutak ásványos és üledékföldtani összetételét, továbbá a tóköznyéki sókivirágzások ásványos összetételét. Elemeztük a tó körül kialakított észlelő-kutak, a tó és a környezet talajvízkútjai főelem és nyomelem összetételét. A tóba feláramló víz (seepage meter) (Simon Sz., 2004) és a csapadékvíz (helyi meteorológiai állomás) főelem összetételét is vizsgáltuk. Az allochton vizek nyomon követésére távolabbi ún. „referencia-kutakat” használtunk, ezekre szintén főelem és nyomelem vizsgálatokat végeztünk. A hátságon eolikus homokba beszivárgó vizek reprezentálására: a Fejes-tanya talajvízkútja, a hátság felől átáramló vizek reprezentálására egy löszbe mélyült talajvízkút szolgált. A további két „referencia-kút” Izsákon található. A vízműkút (K/3, d= 52,5m) a hátság felől érkező víz összetételének reprezentálására szolgál. A vízműkút szomszédságában mélyült termálkút (1176, d=370m) a medence felől érkező – és a potenciálkép szerint – a Kelemenszék irányába

szivárgó víz összetételét jelzi. A vizsgált reprezentatív objektumok vizének stabilizotóp összetételét is vizsgáltuk (Tóth Zs., 2007; Simon Sz. doktori kutatásai).

9. A talajvíz kutakban, öt időpontban történt vízmintavétel és vízszintmérés (2004 tavaszán, 2005 októberében, 2006 március és május vége, október). A megfigyelő-kutakban a vízszint, továbbá a hőmérséklet és/vagy elektromos vezetőképesség folyamatos észlelése regisztráló műszerekkel zajlott. A kémiai mintavétel 2006 szeptemberétől 2007 végéig havi rendszerességgel történt a megfigyelő-kutakból, a tóvízből (2 helyről) és a tó közeli csatornákból. Ezeknek az adatsoroknak a végleges kiértékelésére Simon Sz. doktori kutatásaiban kerül sor.

2. A publikált eredmények tézisszerű összefoglalása

Módszertani tézisek

1. A vizsgálatok során alkalmazott „fokozatos fókuszálás elve” a medencealjzattól a felszínig terjedő adatfeldolgozást jelent oly módon, hogy az adatsűrűség felszín felé való növekedésével párhuzamosan növeljük a hidrosztratigráfiai-hidraulikai-kémiai stb. adatfeldolgozás méretarányát. Ez a megközelítés lehetővé teszi, hogy a felszínközeli területeket – a regionális áramképbe helyezve – valós adatokon nyugvó peremfeltételek mellett, mégis jóval részletesebb adatokra támaszkodva tudjuk vizsgálni.

2. Az Alföld egészére kiterjeszthető hidrosztratigráfiai beosztást dolgoztunk ki. A mély regionális értékeléshez - a medence üledékek tagolásánál - elsődlegesen a litosztratigráfiai kategóriákból (Juhász Gy., 1991) kiindulva – Tóth J. és Almási I. (2001) munkáját alapul véve - vezettünk le víz-rétegtani kategóriákat. A sekély regionális kutatásokhoz a folyóvízi, eolikus és tavi üledékképződés sajátosságait (Molnár és Kuti, 1978; Molnár et al., 1979; Molnár 1994 stb.) figyelembe véve folyóvízi és eolikus vízfogó és vízvezető üledékeket különítettünk el. A lokális értékeléshez már a területen előforduló egyedi képződményekre vonatkozóan vezettük le a hidrosztratigráfiai beosztást. Valamennyi hidrosztratigráfiai kategóriát az összegyűjtött adatokból levezetett hidraulikus vezetőképesség értékkel láttunk el. A kelemenszéki mintaterületre a laborvizsgálatainkból kapott K tényező értékeket használtuk.

3. Dr. Pogácsás vezetésével eljárást dolgoztunk ki a szeizmikus értelmezést segítő fúrási rétegsorok és karotázs-szelvények felhasználásával szeizmikus szelvényeken leképeződő reflexiós struktúrák hidrogeológiai célú értelmezésére.

4. Müller professzor közreműködésével RMT (Radiomagnetotellurika; aktuális behatolási mélység: 18-22 m) és VESZ (Vertikális Elektromos Szondázás; behatolási mélység: 120 m) méréseket is „bevetettünk”, a különböző összes oldottanyag-tartalmú felszínközeli zónák kimutatására. Abból indultunk ki, hogy a magas TDS-ű „sós víz” alacsony ellenállást okoz, amely azonban agyagot is jelezhet. Ismert litológiájú közegben mérve azonban a pórufolyadék elektromos vezetőképesség különbségeiről információt kaphatunk, különösen, ha az nagyságrendi TDS különbségből fakad.

5. A Kelemenszék, – mint változó méretű sekély tó - kiterjedésének térképezésére módszert dolgoztunk ki, amely 1) a nyílt vízfelületen belüli háló menti szisztematikus vízmélység térképezésén, 2) a nyílt vízfelület (min. 1 cm mély) határának felmérésén; 3) a tó körüli övezetes növényzet és a 4) tó körüli szikes padkák felmérésén alapult. Egyidejűleg a szintezett tóvízmérce állás is leolvasásra került. Két növényzeti zóna a *Bolboschoenus maritimus* (vízmélység igény: 20-25 cm, magas alkália tartalom) és a *Puccinellia limosa* (időszakosan nedves viszonyok) lett elkülönítve a tó körül.

A terület megismerésére vonatkozó tézisek

1. A regionális, egész vizsgálatra kiterjedő feldolgozásaink alapján egy, a Duna-Tisza köze K-i és Ny-i félmedencéjét érintő gravitációs vezérlésű rendszer, míg alatta egy ún. „fojtott” vízrendszer mutatható ki. A gravitációs rendszer mintázata követi a térfelszín és a talajvíztükör domborzatát. A gravitációs rendszert a túlnyomásos vízrendszer hidraulikailag alátámasztja. Ennek köszönhetően a meteorikus vízrezsím a felszálló mélységi vizeket a Duna és a Tisza-völgyi megcsapolódási területek felé kényszeríti. A Ny-i medencerészen, a Duna-völgyben koncentrált megcsapolódás zajlik. A K-i félmedencében a tanulmányi terület D-i részén, már a Tiszától 15 km-re Ny-ra megjelenik a túlnyomásos rendszer megcsapolódása. Ahogyan haladunk Kecskemét felé, a gravitációs rendszer energiájának növekedésével egyre inkább K-i irányba tolódik el ez a sáv, ahol a túlnyomásos feláramlás hatása már csak a Tiszától K-re jelentkezik.

2. A felszálló vizek pályáit befolyásolja 1) a medence geometriája, azaz a kelet felé mélyülő medencealjzat (Ny: ~600-800m K:>2100m); 2) a medencebeli vízfogók (Endrődi és Algyői) heterogenitása; továbbá 3) a potenciálisan vízvezető szerkezeti elemek. Bizonyos vetők az aljzatról indulva, átvágva a vízfogókat az Alföldi Vízvezető felső 200 m-es zónájáig követhetők a szeizmikus szelvényeken. Ezek a szerkezetek – amennyiben vízvezetőek, potenciális útvonalat jelentenek a felszálló víz számára. A vízfogókon keresztüli lassú átszivárgás sem zárható ki, erre utal a szeizmikus szelvények értelmezéséből 2D-ben megjeleníthető vízfogók bázisán a potenciálvonalak sűrűsödése.

3. A gravitációs rendszerben mozgó vizek beszivárgási területe a Duna-Tisza közti hátság. E rendszer behatolási mélysége 200-300 m közötti a „sekély” feldolgozások alapján. Az itt megjelenő ki- és beáramlási területek távolsága nem több, mint 10 km. A víz részben a felső eolikus eredetű vízvezetőben szivárog Ny ill. K felé, részben, pedig a folyóvízi vízvezetőben koncentrálódva halad. Az áramképet lényegesen befolyásoló vastagsági heterogenitás a folyóvízi összlet Duna-völgyétől a Tiszáig történő kivastagodása. Szintén meghatározó heterogenitási tényező a Duna-völgyi kavicsos homokréteg ($K > 10^{-3}$ m/s), amely mint jó vízvezető, elősegíti a hátság és az aljzat felől érkező vizek koncentrált Duna-völgyben történő megcsapolódását. A hátsági részen belüli kiáramlási területeken is megjelenik a mély feláramlás hatása - a szeizmikus értelmezés szerint – a felszínt megközelítő vezető vetőkhöz köthetően.

4. A gravitációs vízrendszerben mozgó víz – meteorikus eredete miatt - uralkodóan kalcium-hidrogénkarbonátos és alacsony oldott anyag tartalmú. A túlnyomásos rendszer a kémiai összetétel alapján ettől eltérő eredetű vizeket tartalmaz. A Preneogén medencealjzat vizeinek összes oldott anyag tartalma 10000-38000 mg/l, melyek egységesen a NaCl-os víztípusba tartoznak. A túlnyomásos zóna által érintett Neogén üledékekben tárolt és mozgó víz - az Alföldre jellemző - NaHCO_3 típusba tartozik, amely összleten belül azonban előfordulnak NaCl-ban gazdagabb (Cl^- : 700-1500 mg/l) vizek.

5. A túlnyomásnak köszönhetően a potenciálisan vízvezető szerkezeti elemek "aktív vízszállítók" válhatnak. Míg potenciálkép alapján – a medenceüledéken keresztül - lassú átszivárgás zajlik, addig a vetők révén "rövidzáras" kapcsolat állhat elő az aljzat vizei és a Neogén medenceüledék között. Amennyiben az aljzati eredetű NaCl-os vizet "természetes nyomjelzőnek", tekintjük, rövidzáras kapcsolat esetén a felszivárgó víz Na^+ -ban és Cl^- -ban gazdagíthatja a túlnyomásos zóna felsőbb régióit, továbbá a hátsági eredetű gravitációs vizeket. A Cl^- követése lehetséges, ugyanis – szennyezés-mentes esetben – a gravitációs rendszer vizei mindössze maximum 10-30 mg/l Cl^- tartalmúak.

6. A Duna-völgyi terület a medencealjzat közelsége miatt lehetőséget kínál, a medencealjzat felől történő feláramlás felszínközeli rétegekre és felszínre gyakorolt hatásának tanulmányozására. A Duna és Ágasegyháza közötti zónában a felszínközeli max. 100 m-es rétegösszleten belüli áramkép azt mutatja, hogy a hátság felől érkező gravitációs vizek egy lokális áramlás formájában részben megcsapolódnak a Kolon-tó környezetében. Limnológiai

szempontból nem elhanyagolható, hogy a potenciálkép alapján a Kolon-tó a hátság felől vizet fogad, Ny-i oldalán ugyanakkor vizet ad le. A hátságon beszivárgó víz további része egy intermedier rendszer részeként – a kavics által koncentrálna - eljut Fülöpszállás vonaláig és hozzájárulhat a Kelemen-szék vízutánpótlásához. A Duna-völgyben található Kelemenszék egy finomszemű homok lencsén „ül”, alulról és oldalirányból egyaránt vizet fogad. A területi vizsgálatok alapján a Duna-völgy egésze egy É-D-i feláramlási zónát képvisel, melyben a kavicsrétegből a felszín irányában leadott víz egyöntetűen felfelé mozog.

7. A hátság felől érkező gravitációs intermedier rendszer és a medencealjzat felől érkező feláramlás közötti "rendszer határ" a kémiai adatokban is megmutatkozik. A határtól a hátság felé eső területen a TDS: 350-450 mg/l, a Cl⁻: 450-600 mg/l, míg tőle Ny-ra 3500-4000 mg/l. Megjegyzendő, hogy a Duna-völgyi szikes övezet kirajzolódik az Alföld Atlasz Dunaújváros-Izsák (Kuti és Körössy, 1989) talajvíz kemizmust bemutató lapjain is, különösen a TDS, Cl⁻ és Na⁺ tartalom maximumai vonatkozásában.

8. A regionális növényzeti és talajtan mintázatok (Bíró M., 2006 stb.) is korrelálhatók az előzőekben vázolt hidraulikai és kémiai képpel. A Duna-völgyi szikesek és a sótűrő növények elterjedési zónája egybeesik a mélységi feláramlás É-D-i irányú kiáramlási területével. Az édesvízi lápterületek azonban jellemzően a gravitációs áramlási rendszerek által uralt kiáramlási területeken jelentkeznek. A Tisza völgy közelében a botanikai mintázatokban is megmutatkozik a hidraulikai szelvényekből levezethető jelenség, az, hogy É-on a gravitációs rendszer határa egészen a Tiszáig terjed, míg dél felé haladva a szikesek a gravitációs rendszer területén belül is előfordulnak, miközben megjelenésük egyre nyugatabbra tolódik.

9. A Kolon-tó és a Kelemenszék előzőekben vázolt áramlási rendszeren belüli helyzetét alátámasztják a tavak és a környezetük talajvíz kemizmusában megmutatkozó különbségek. A Kelemenszékre jellemző TDS: 3000-(20000) mg/l, a Kolon-tóra: 400-500 mg/l. Az előbbi környezetében a talajvíz összes oldott anyag tartalma: 3000-5000mg/l, míg a Kolon-tó közelében a TDS: 500-1000mg/l. Hasonlóképpen a tavak környezetében a talaj- és növényzeti jelenségekben is különbségek jelentkeznek, Kelemen-szék: sós talajtípusok, talajgyengesség, sótűrő növények; Kolon-tó: kőrises láperő, rét, édesvízi mocsár.

10. A Kelemenszék és a Kolon-tó között hidraulikai és kémiai alapon kimutatott határt elektromos ellenállásmérésekkel is igazoltuk. A zónától Ny-ra a kavicsos homokrétegben 30 Ωm-nél kisebb ellenállás értékek jelentkeztek, melyek jóval kisebbek, mintha a pórásokat „édesvíz” (60-80 Ωm) töltene ki. Az ellenállás értékek K-felé történő fokozatos csökkenése az ugyanazon litológiájú egységekben - a kitöltő pórúsvíz hátság felé csökkenő TDS tartalmát jelzi. Az RMT módszer segítségével sikerült kimutatni a tó körüli csatornák (TDS: 550 mg/l) által a pórúsvízkitöltés (TDS: 3500-4000 mg/l) fölött okozott „édesvíz lencsét” és annak horizontális kiterjedését.

11. A Kelemenszék és a Felső-kiskunsági tavak az első katonai felmérés idején a maihoz képest kb. háromszoros kiterjedésűek voltak. Nagyobb, összefüggő vízfelületek fordultak elő a ma teljesen „száraz” zónában a Kolon-tó és a Kelemenszék között. Ezen zóna – áramlástan értelmezésünk szerint – a hátság felől érkező intermedier rendszer megcsapolódási vonulata. A folyószabályozást követően a Kelemenszék felvette maihoz közeli alakját és méretét. Fülöpszállás és a Kolon-tó között még ekkor is fellelhetők nyílt vízfelületek maradványai. Hidrogeológiai értelemben a tavak és környezetük felszíni jelenségei lényegileg ma is azonosak a múltbeli állapotokkal. Eltérés a tavak vízfelületének kiterjedésében, vízszintjében és bizonyos tavak fokozatos eltűnésében tapasztalható. A vizsgált zónára érvényes, hogy - a folyószabályozások, a terület lecsapolása, a csatornaépítések ellenére - a felszínalatti vizek még ma is képesek a néhány száz évvel ezelőttihez közeli élőhelyi állapotok fenntartására.

12. A Kelemenszék környezetének feltérképezése eredményeként kimutattuk, hogy a tó 2,05 km² kiterjedésű és mélysége: 30-80 cm (2006 októberében). A felmérés módszertani és mérési bizonytalanságait minősítettük. Konklúzióink alapján az ún. „belső padka” a tó határa

„kisvíz” idején. Ez állt fenn a térképezés időszakában. Ugyanakkor a külső padka jelzi a tó lehetséges maximális kiterjedését, amely $3,15 \text{ km}^2$. A tó K-i partján az átmenet a talajvíz felé fokozatos, padka nem mutatható ki.

13. Kutatásaink alapján a szikesek és sós mocsarak sóforrásaként uralkodóan az aljzati ill. a miocén üledékekből származó $10000\text{-}38000 \text{ mg/l}$ oldottanyag tartalmú NaCl-os víz tekinthető. Ez a víz, vezető vetőkön és a vízfogó rétegeken át egyaránt felfelé áramlik a túlnyomás következtében. A vízvezető vetők közvetlen "rövidzáras" kapcsolatot teremthetnek a felszínközeli zóna és az aljzat között. A NaCl-ban gazdag víz sporadikusan megjelenhet a Neogén medence túlnyomásos zónáiban is, ahol egyébként az uralkodó víztípus nátrium-hidrogénkarbonátos. A magas NaCl tartalmú víz felszínközeli „elosztásában” a gravitációs vízrendszer geometriája és az áramlást koncentráló felszínközeli kavicsos homokréteg geometriája a domináló tényezők. A sókiválások ugyanakkor jellemzően nátrium karbonátosak, mivel az egyéb vizek (csapadék, hidrogénkarbonátos felszínalatti víz) hozzákeveredése miatt kloridra nem áll be telítődés a felszínközeli zónában.

14. A kutatás eredményei nem várt regionális törvényszerűségekre és ok-okozati összefüggésekre hívták fel a figyelmet a felszínalatti áramlás eloszlás, a hidrosztatográfia valamint a szikesedés, a sós és édesvízi mocsarak elterjedése között. Ezért következtetéseinket kiterjesztettük, sematizáltuk, azokat a "Duna-Tisza köze vízföldtani típusszelvénye" formájában általánosítva is megfogalmaztuk. A típusszelvény új paradigmaként kezelhető az Alföldről alkotott felszínalatti vízáramlási elképzelések között, és mint olyan, további kutatások kiindulási alapjául szolgálhat (Mádl-Szőnyi J., 2007: <http://gsa.confex.com/gsa/viewHandout.cgi?uploadid=271>).

3. A Kelemenszék környezetében, az ott kialakított megfigyelő rendszerből és mérésekből származó - nem publikált - eredmények bemutatása (Simon Szilvia doktori kutatásai az 1./B 7-8-9 pontokban megfogalmazott célokhoz, feladatokhoz kapcsolódóan)

1. A tó és közvetlen környezete közetváz jellemzői és hidraulikája

A tó tágabb környezetére vonatkozóan kidolgoztunk egy felszín közeli (10 m mélységig) közetváz modellt. A megfigyelő kutakból, sekélyfúrásokból és tómeder mintákból (1. térkép) laborvizsgálat után számolással meghatározott K tényező értékek illeszkednek a Mádlné Szőnyi J., et. al. (2005) által korábban kidolgozott hidrosztatográfiai tagolásba.

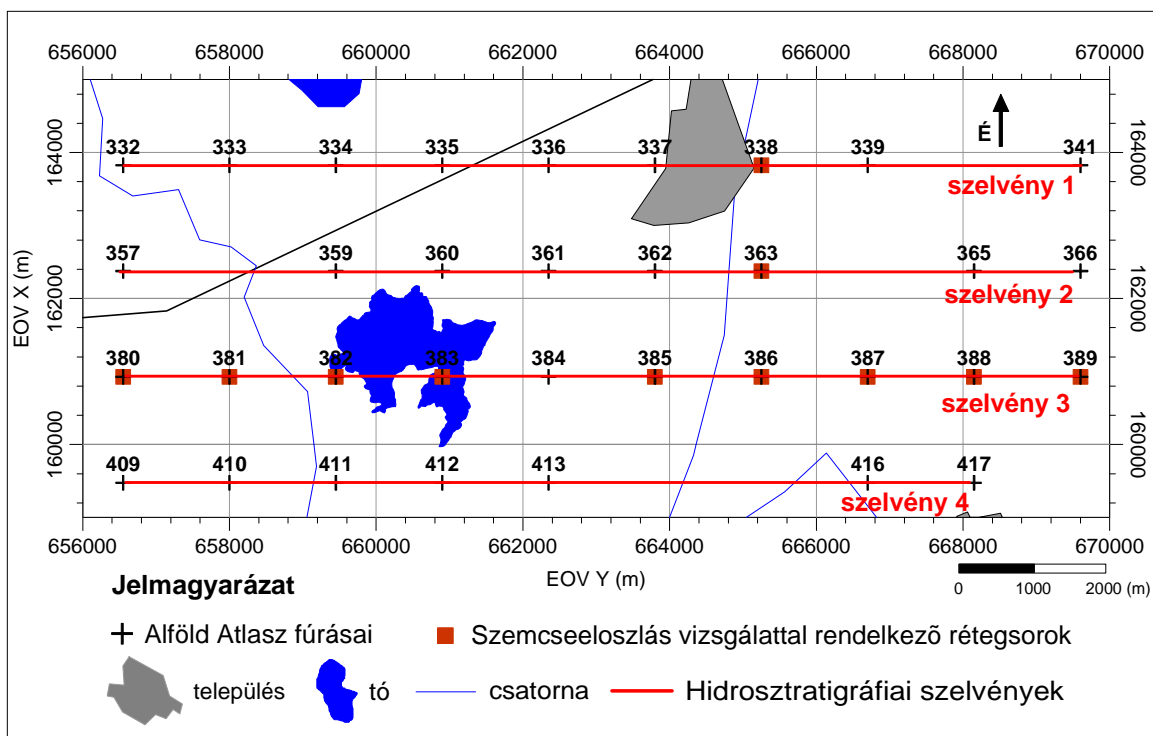
A feldolgozás érdekében egységesítettük az archív (MÁFI Alföld Atlasz fúrásai) és a saját mintaelemzéseinkből kapott K-tényező értékeket. A hidrosztatográfiai kategóriákra tipizált, szivárgási tényezők szelvény menti ábrázolásával mutatjuk be a Kelemen-szék környezetére jellemző sekély áramlási közeget (1. ábra).

A szelvények alapján a területet szinte mindenhol a rossz vízvezető képességű, kőzetlisztes réteg fedi maximum $1,5$ méteres vastagságban ($K=10^{-6}\text{-}10^{-9} \text{ m/s}$). Ez alatt mindenhol, a jó vízvezető képességű, $10^{-2}\text{-}10^{-5} \text{ m/s}$ közötti K-értékkel jellemezhető, közép- és durvaszemű homok található. A finomszemcsés homok ($K=10^{-5}\text{-}10^{-8} \text{ m/s}$) vízáadó képességét tekintve a fenti két réteg közötti, többnyire lencsék formájában jelenik meg. A jó vízvezető képességű közép- és durvaszemű homok mindenhol megközelíti a felszínt, ezzel utat teremt a feláramlásoknak a felszín közelbe jutásra.

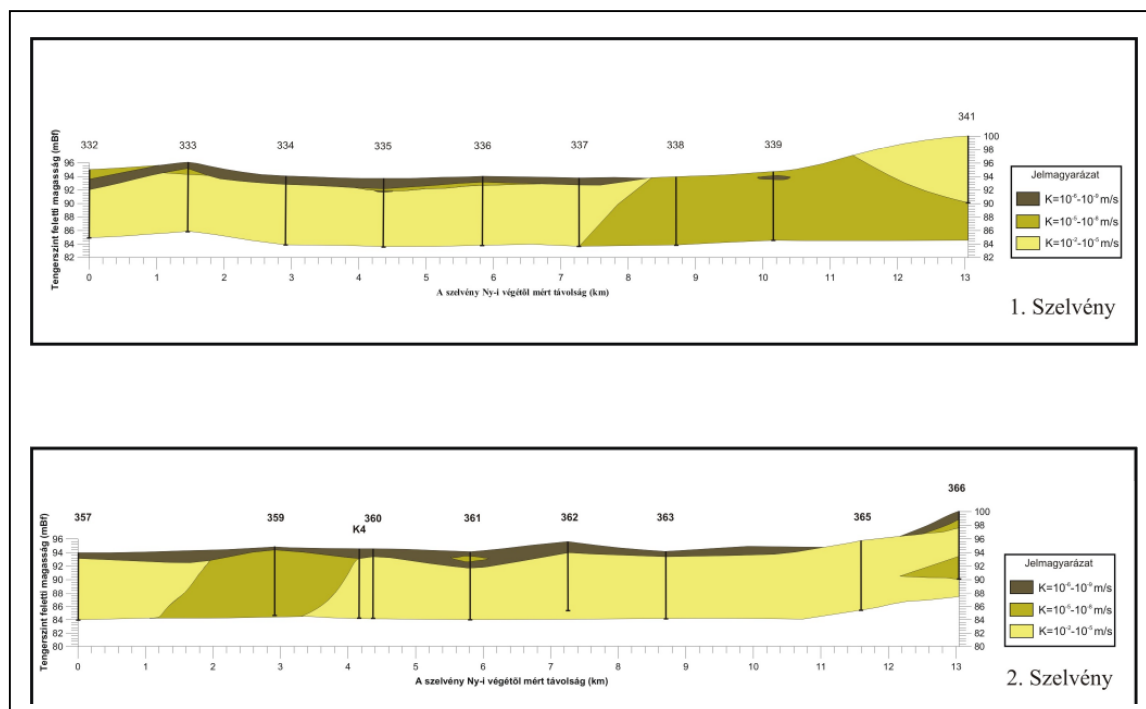
Megállapítható - a megfigyelő kutakból leolvasható minimális és maximális nyugalmi vízszintek alapján, - hogy a közép és durva homokos víztartó leszorított tükrű, a nyugalmi vízszint a fedő kőzetlisztes rétegben található.

A helyi hidraulikai számítások folyamatban vannak. A megfigyelő kutakból kiolvasott vízszintek és kút-távolságok ismeretében függőleges gradienseket ($K/5$ és $K/6$ egymás mellett

található 10 és 20 m-es kutak között) és horizontális gradienseket (a 10m-es megfigyelő kutak között) számolhatunk az évszakos hidraulikai változások nyomon követésére.



1. térkép. Hidrosztratigráfiai szelvények nyomvonala a Kelemenszék környezetében (Tóth Zs., 2007)



1. ábra Hidrosztratigráfiai szelvények (Tóth Zs. 2007 nyomán)

Szintén érdekes a tó és a környező talajvíztükör kapcsolatának évszakos változása, ezek a térképek is készülnek. Kísérletet teszünk e számítások eredményeképpen a tóba érkező felszívargás fluxusának számítására az előbbi paraméterek és a regisztrált tóvízszintek alapján.

A levezetett és hidraulikus vezetőképesség értékkel ellátott közetváz modell és az ismert peremfeltételek keretet adnak a tóra vonatkozó modellszámítások elvégzéséhez.

2. A felszínalatti vizek hozzájárulása a tó vízutánpótlásához

A tónál felállított meteorológiai állomáson a tó egyéves vízmérlegéhez, vízháztartásának jellemzéséhez szükséges paraméterek mérése történt. A tó környezetében szabvány párolgásmérő káddal, fizikai paraméterek helyszíni méréséből számolással, valamint a kutak vízszintjének napi ingadozásából határoztuk meg a párolgást, az utóbbiból az evapotranszpirációt. A tó tározásváltozását a tómeder-kiterjedés változásból és a vízszintingadozásokból tudjuk majd számítani.

A párolgásértékek, a csapadék és a tóvízszintek összevetése a 2006-os nyári hónapokra megtalálható Weidinger et al. (2007) publikációjában. A kádpárolgások a csapadék és a tóvízszint változásának kapcsolata az egész megfigyelési időszak alatt mutatja a tó felszín alatti vízzel való kapcsolatát (1. táblázat). Ennek jellege azonban időszakosan változóknak látszik. A lokális vízmérleg számítás alapján a felszín alatti víz csak május-júniusban táplálja a tavat, a többi évszakban a tó helyi szinten rátölt a felszín alatti vizekre. A mérések arra utalnak, hogy a feláramlás mennyiségileg csak bizonyos hónapokban járul hozzá a tó táplálásához, emellett azonban mindenképpen szerepe van a tó és környezete kémiai jellegének kialakításában.

A vízszint-idősorokból számított phreatophyta fogyasztás (ET) (Meyboom, 1967) és a számított ill. mért kádpárolgások összehasonlítása még hátra van. Továbbá fontos és érdekes kérdés a hidraulikai számításokból a különböző időszakokra meghatározott q_z értékek és a vízmérlegből számított felszínalatti el- illetve hozzáfolyás értékek összehasonlítása.

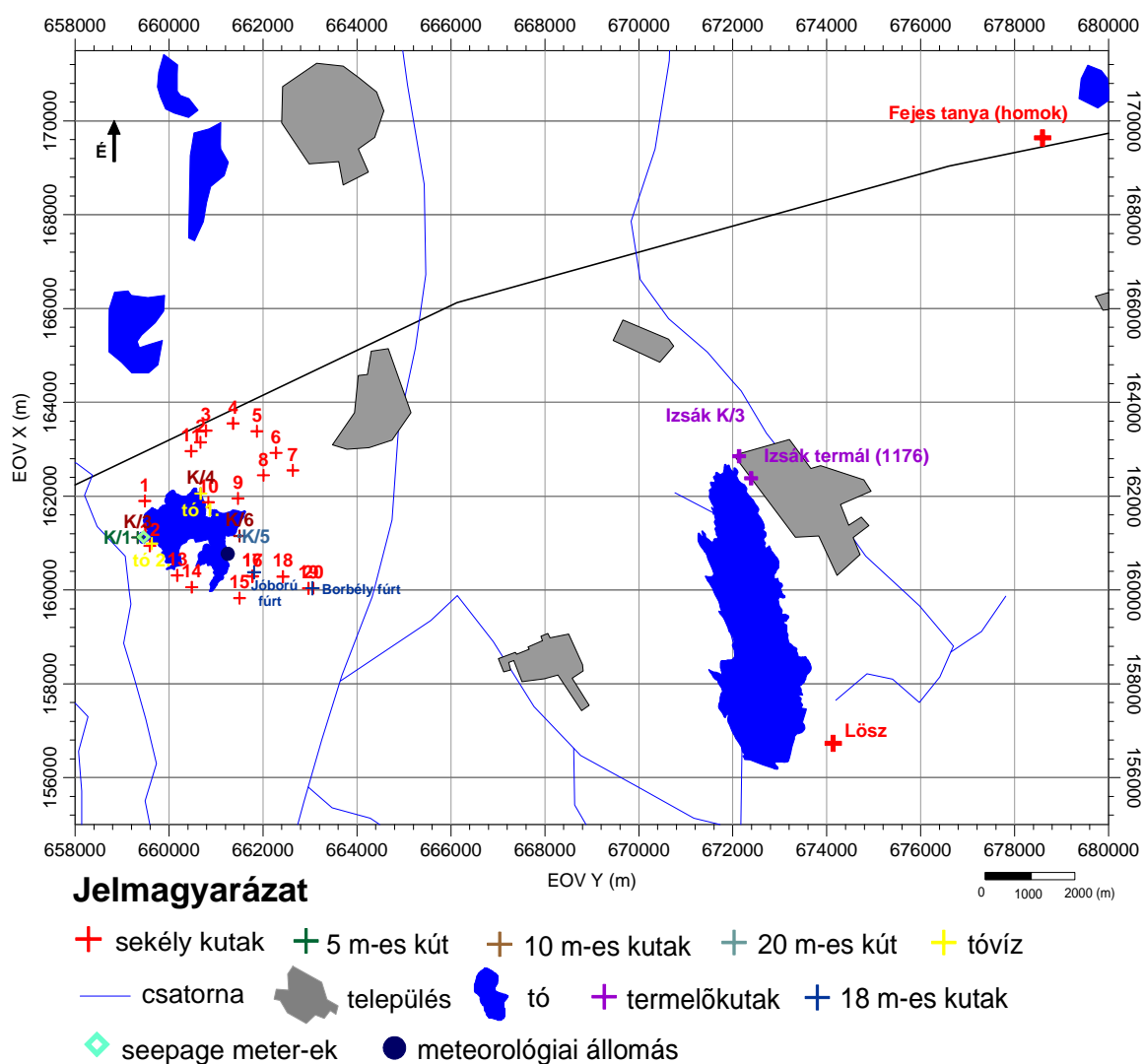
mintavételezés dátuma 2006	CS (mm)	ET (mm) (kád)	tóvízszint- változás (mm)	CS-ET (mm)	felszín alatti víz hozzá (+)/elfolyás (-) (mm)
május	22,3	73,4	30,0	-51,1	81,1
június	58,8	78,5	-10,0	-19,7	9,7
július	26,8	91,1	-90,0	-64,3	-25,8
augusztus	53,7	38,9	-70,0	14,8	-84,8
szeptember	1,0	23,7	-74,0	-22,7	-51,3
október	54,8	23,8	-24,0	31,0	-55,0
november	31,0	3,5	-20,0	27,6	-47,6
december	7,8	0,0	-25,0	7,8	-32,8
2007 január	-	-	-	-	-
február	27,9	0,0	25,0	27,9	-2,9?
március	26,7	0,0	-9,0	26,7	-35,7
április	0,0	9,9	-80,0	-9,9	-70,1
május	53,9	26,6	-60,0	27,3	-87,3
június	46,6	107,1	-40,0	-60,5	20,5

1. táblázat A Kelemenszék vízmérlegének komponensei

3. Vízkémiai értékelés

Főelemek átlagösszetétele

A megfigyelő objektumok (2. térkép) rendszeresen mintázott (ld. előzőekben) vizei főelem komponenseinek átlagolásából nyert adatok és az egyszeri nyomelem elemzések értelmezhetőségéhez induljunk ki a "végtagként" kezelt minták jellemzőiből. Az aljzattól feláramló NaCl típusú víz – amely az egyik tényleges „végtag” - átlagösszetételének fő mutatói: TDS: 22140 mg/l; Na^+ : 7830 mg/l; Cl^- : 12977 mg/l, a Duna-Tisza közti vizsgálati terület egészére, a rendelkezésére álló 13 Pre-Neogén aljzatot elért fúrás adatai alapján. (Nyomelem adattal ezekből nem rendelkezünk.) A terület alatti medencealjzattól származó vízminta hiányában az izsáki termálkút (TDS: 2189 mg/l; Na^+ : 635 mg/l; Cl^- : 379 mg/l). és a K/3-as izsáki termelőkút (TDS: 400 mg/l; Na^+ : 9,5 mg/l; Cl^- : 14,7 mg/l), mint a felhasználható két "végtag" összetételéből kiindulva próbáljuk meg értelmezni a Kelemenszék környezetében mért vízösszetételt.

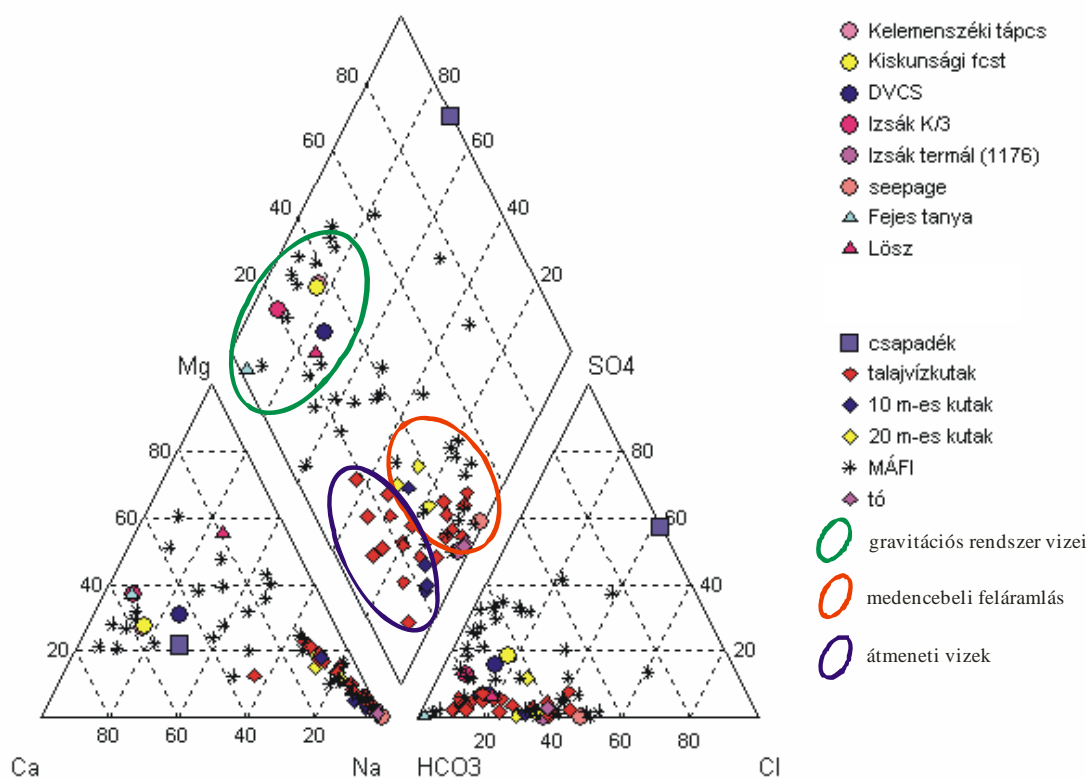


2. térkép Vízminta vételi pontok

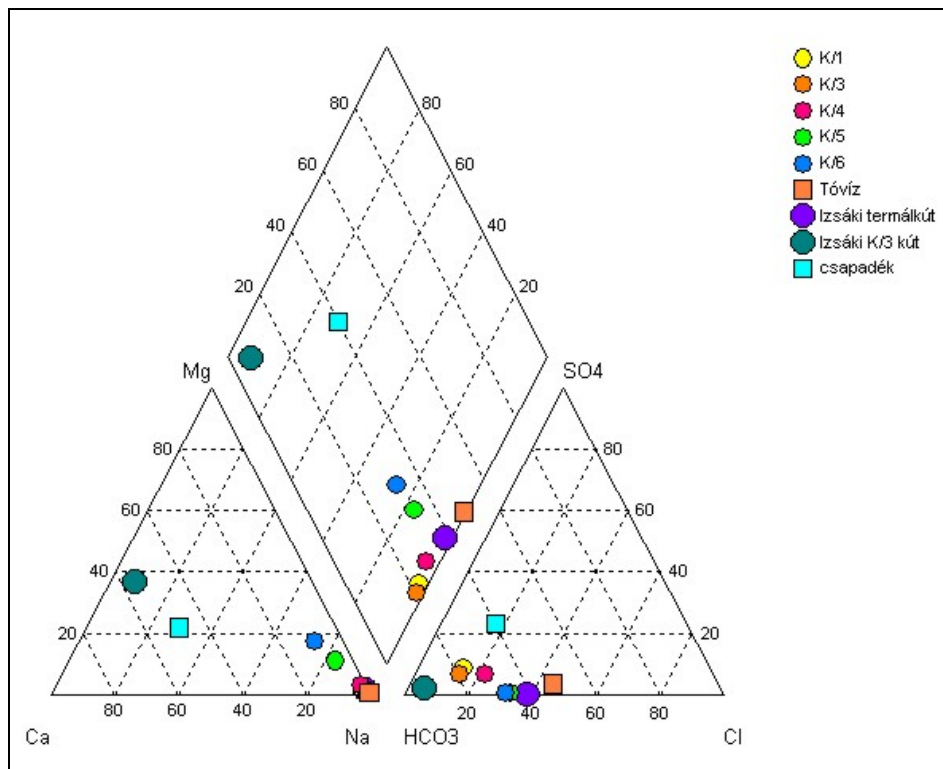
A főelemekre vonatkozó feldolgozás háromféle vízkémiai fácies jelenlétét igazolja a területen, melyet Piper diagramon (2. ábra) ábrázoltunk. A gravitációs rendszer vizei Ca-

HCO₃-os jellegűek, az izsáki K/3 vízműkúttal megegyezően. A Kelemenszéket övező három csatorna, (Kelemenszéki-tápcsatorna, a Kiskunsági-csatorna és a Dunavölgyi-főcsatorna) összetétele is ezekkel a vizekkel mutat rokonságot. A tó körüli kutak túlnyomóan Na-HCO₃-Cl jellegűek, de bizonyos minták Na-HCO₃-osak. A tótól K-re a kationok közül a kalcium és a magnézium egyre növekvő arányban jelentkezik a nátriumhoz képest, ami jelzi a gravitációs és a medence mélyebb régiói felől érkező vizek keveredését. A MÁFI 10 m-es fúrásaiból származó vízminták (Kuti L., Körössy L., 1989) összetétele jelentős szórást mutat, és mindegyik fáciesbe sorolható vizek megjelennek a területen.

Nézzük a főelemeket a tóra, a megfigyelő és a környező talajvízkutakra. A Kelemenszék tóban mért átlagértékek: TDS: 7774 mg/l, a Na⁺ 2484 mg/l és a Cl⁻ 1343 mg/l. A felszín alatti vízben a legmagasabb oldott anyag tartalom a tó vonalába eső, É-D-i középső sávban figyelhető meg (átlagban: TDS: 4172 mg/l; Na⁺: 1297 mg/l; Cl⁻: 855 mg/l). K-i és Ny-i irányban egyaránt csökken a TDS, Na⁺, és a Cl⁻ mennyisége. A tótól K-re fekvő fúrt kutakban (K/5 és K/6) magasabb az oldott anyag tartalom, a Na⁺ mellett a Ca²⁺ és a Mg²⁺ is megjelenik a kationok közül. Anion-fáciesüket tekintve ezeknek a kutaknak a vizei HCO₃-Cl-osak. A tótól Ny-ra található K/1, K/3, és az É-ra található K/4 megfigyelőkutak vize az előbbi kutak vízéhez képest "hígabb" és Na-HCO₃ fáciesbe sorolható. A felvázolt trendet néhány helyi anomália tarkítja. A tótól É-ra fúrt K/4-es, 10 m-es kút trendszerűen környezetétől eltérő alacsonyabb TDS (1087 mg/l) tartalommal bír.



2. ábra A vízmintákból átlagolt értékekből szerkesztett Piper diagram



3. ábra Piper diagram (2007. április 23-i vízminták) (Tóth Zs. feldolgozása, 2007)

Nagyon tanulságos a tó körül havonta mintázott objektumok egyszeri (2007 áprilisi 23-i) vízmintázásának eredményeiből készült Piper-diagram (3. ábra). A minták izsáki termálkút és a K/3 termelőkút, mint „végtagok” közötti elhelyezkedését megfigyelve azt látjuk, hogy a kationokat tekintve a termálkútban, a K/1, K/3, K/4 és a tóvízben egyaránt a Na^+ csaknem kizárólagos. A K/5 és K/6-os megfigyelő kutakban <30%-ban megjelenik a Mg^{2+} és a Ca^{2+} is. Ugyanakkor anionjaikat tekintve ezek magasabb Cl^- tartalmat mutatnak, mint az előzőek, eltekintve a tóvíztől, amely relatíve a legmagasabb Cl^- arányt (45%) mutatja.

Nyomelem-tartalom

A nyomelemek közül azokat emeljük ki (2. táblázat), melyek esetlegesen utalhatnak mélymedencebeli vagy aljzati eredetű feláramlásra. Ami a táblázatból szembetűnő, hogy az izsáki termálkút, mint az egyik end-member referenciakút, Sr, B és Li összetétele első közelítésben nagyságrendileg megegyezik a tó, valamint a K/5 és a K/6 kutak összetételével. Eltérés a tó Sr tartalmában van, amely az előbbiekhöz képest egy nagyságrenddel kisebb. Továbbá, a K/6 kút B tartalma is alacsonyabb a többiénél. Érdekes, hogy a tótól Ny-ra és É-ra fekvő kutak valamennyi komponens tekintve egy nagyságrenddel elmaradnak. Az izsáki vízműkút (K/3) Li tartalma megegyezik az előbbi kutakéval, B tartalma egy nagyságrenddel kisebb, Sr tartalma viszont egy nagyságrenddel nagyobb.

Értelmezés

A felvázolt kép – a hidraulikai helyzetből kiindulva - levezethető a két végtag, az izsáki termelőkút (K/3) és a termálkút (1176) összetételéből oly módon, hogy feltételezünk kis intenzitású közvetlen aljzati eredetű NaCl -os vízhozzájutást is. Mind a főelem komponensek aránya, mind a kiemelten vizsgált nyomelem koncentrációk alapján jól elkülöníthető a két víztípus, a medencebeli mélyfeláramláshoz (1), valamint a gravitációs áramláshoz kötődő (2). A hidrogeokémiai fáciest tekintve az előbbin belül elkülöníthetjük a Na-HCO_3 -os és a $\text{Na-HCO}_3\text{-Cl}$ jellegűeket. A vizsgálatok alapján kirajzolódik, hogy a tóban lévő víz a termálvíz

összetételével jellemezhető, azaz a tó felé irányuló feláramlás megcsapolódása. A talajvíz és a megfigyelő kutakban mért értékek a két rendszer határának közelségéből adódó diffúziós keveredést mutatják. Ugyanakkor a felszínhez való közelség miatt a párolgás töményítő hatása sem elhanyagolható, de a lokális domborzati anomáliák is tarkítják a képet.

Vízminta	Sr (µg/l)	B (µg/l)	Li (µg/l)
K/1	47,00	365,00	<5
K/3	70,60	330,00	<5
K/4	37,70	443,00	<5
K/5	461,00	1066,00	11,60
K/6	639,00	695,00	17,90
Tó 1	50,50	3281,00	13,30
Izsák K/3 kút	213,00	18,00	<5
Izsák termálkút 1176	692,00	3842,00	87,40

2. táblázat 2007. április 23-i vízminták nyomelem összetétele

Mivel a talajvíztükör a tó környezetében a tótól közvetlenül K-re a legmélyebb, ezért a környező rendszerek megcsapolódási területének gócpontja ide tehető. Így értelmezve az elemzési adatokat, a K/5 és K/6 kútnál érvényesül legjobban a mélyáramlás hatása, ami a magas Cl^- tartalomban mutatkozik meg. Ugyanakkor a Ca^{2+} és Mg^{2+} megjelenése az uralkodó Na^+ mellett azt jelzi, hogy a helyi beáramlásokból adódó vizek hozzákeveredése sem elhanyagolható.

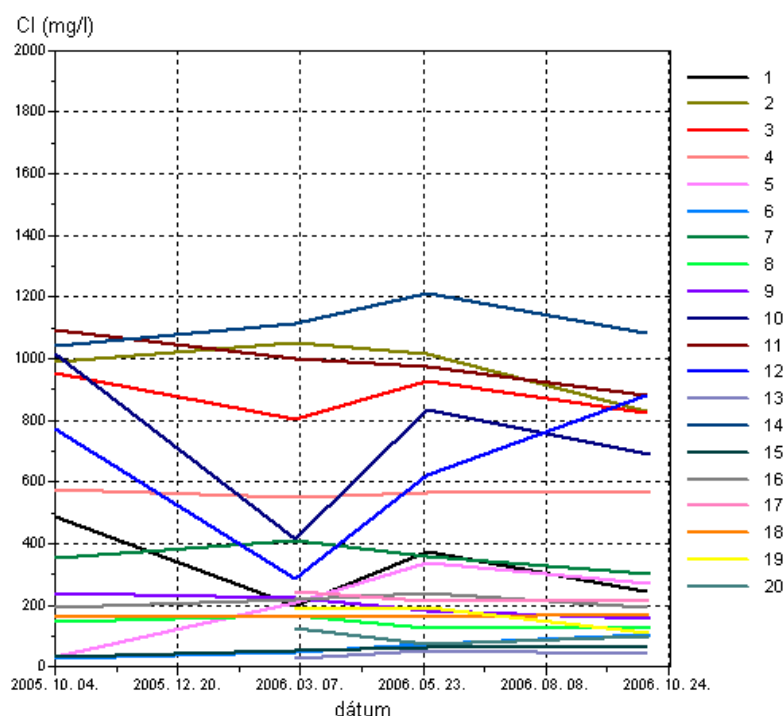
Ahol a talajvíz kutak jóval kisebb TDS értékekkel rendelkeznek, ott a két rendszer keveredésén túl a csatornák közelsége miatti „édesvíz” rátáplálással kell számolni (Czauner et al., 2006). A K/4-es megfigyelőkút környezeténél alacsonyabb TDS-ének oka a közeli csatorna hígító hatása (2. térkép). A másik eset a tótól DNy-ra fekvő, 13. számú talajvízkút, amely pedig egy helyi magaslaton helyezkedik el, ahol a felszín közelben található agyaglencse felfogja a beszivárgó csapadékvizet, így a kút vize jelentősen hígabb, mint környezetéé.

A nyomelemek közül a bór esetlegesen levezethető az aljzat vizeiből, figyelembe véve a Pannon-medence fejlődéstörténetét és azt, hogy metamorfózis és mállás során könnyen távozik a kőzetből, továbbá azt, hogy legfontosabb felhalmozódási helye a tengervíz (4500 µg/l; Goldberg et al., 1971 alapján). A B/Cl és Li/Cl arányt tekintve azonban a NaCl-os mélymedence eredetű vizekből várt összetételhez képest komoly feldúsulás van mind a termálvízben, mind pedig a tóvízben és ez víz-kőzet kölcsönhatásból is következhet (Varsányi Zoltánné szóbeli közlése). A Li mennyisége is utalhat a mélymedencéből való eredetre (Prof. Joel Carillo szóbeli közlése, Simon Sz. 6 hónapot MÖB ösztöndíjjal a mexicói UNAM Egyetemen kutatott felügyelete alatt).

A kémiai összetétel időbeli változásai

A kutak kémiai összetételének időbeli változása jól korrelál az időjárás változásaival. Nyáron szinte teljesen egyveretűen magasabb a „talajvíz” TDS tartalma, míg a hóolvadás, illetve a csapadékos kora tavaszi idő után, hígulnak a vizek. A Cl^- esetében az 1, 10, 12-es - a csatornákhöz legközelebbi, azokból a hóolvadás idején jelentősebb utánpótlást kapó - kutak

mutatnak számottevő változást. A többi esetben szinte évszaktól független a Cl^- tartalom (4. ábra). Ez az egyveretűség állandó Cl^- „forrás”-ból történő hozzááramlásra utal, amely felülírja az évszakos változásokat. A nagy trendeken felül azonban minden egyes kút esetében helyi jellegzetességek is megfigyelhetők, amelyek a kutak fekvéséből erednek (mennyire kitett a párolgásnak, mennyire befolyásolt a csatornák által, milyen gyorsan szívárog be a csapadékvíz, stb.).



4. ábra A tó körüli sekély talajvízkutak Cl^- tartalmának időbeli változása 2005 okt.-2006. okt.

Stabilizotóp mérések

Stabilizotóp méréseket a tóból, a tó körüli megfigyelő-kutakból, valamint az izsáki referencia-kutakból és a hátsági talajvíz-kutakból (Fejes tanya, löszös kút) vett mintákon végeztünk (2. térkép, 3. táblázat). A hátsági minták holocén beszivárgású vizeket jeleznek. A tóból származó minták a legnegatívabbak, ez intenzív párolgás hatására utal. A K/5 és K/6 hátsági kutakénál kevésbé negatív értékei, a párolgás és tóvíz hozzákeveredését jelzik. A többi minta esetében a párolgás hatása, - ha érvényesül is - egyéb tényezők által elfedett. Az izsáki referencia-kutak a tó körüli sekély kutakhoz erősen hasonló értékeket képviselnek. Az izsáki termálkút legnegatívabb értékei egy hidegebb időszakban beszivárgott komponensre utalnak. Az ehhez hasonló értéket mutató, a tótól Ny-ra fekvő K/1 és K/3 kutak a párolgásnak ugyanúgy kitettek mint a tótól K-re esők, mégis a vártnál negatívabbak, az izsáki kutak közötti értéket képviselnek.

A terület fejlődéstörténetéből – beleértve a pórúsvíz-tartalom fejlődését is – kiindulva, a stabilizotóp ($\delta\text{O}18$ és $\delta\text{H}2$) mérések értelmezése nagy bizonytalansággal terhelt. Az aljzat eredetű feláramlás kimutatására egyáltalán nem alkalmasak. Egyéb izotóp-mérések azonban célra vezetőek lehetnek (^{36}Cl).

Minta	$\delta O18$	$\delta H2$
tó 2	-0,35	-21,07
tó 1	-0,71	-21,31
K/5 (20 m mély, a tótól K-re)	-5,98	-50,11
K/6 (10 m mély, a tótól K-ra)	-6,25	-54,26
Fejes tanya (3,26 m mély, a homokhátságról)	-8,46	-61,72
Lössz (3,4 m mély, hátsági területől)	-8,72	-65,51
K/4 (10 m mély, a tótól É-ra)	-9,19	-69,96
Izsák K3/1 (52,5 m mély, izsáki vízműkút)	-9,45	-67,53
Izsák K3/2 (52,5 m mély, izsáki vízműkút)	-9,49	-69,58
K/1 (5 m mély, a tótól Ny-ra)	-9,74	-74,33
K/3 (10 m mély, a tótól Ny-ra)	-10,02	-74,64
Izsák termálkút (1176) (370 m mély)	-10,27	-76,64

3. táblázat Stabilizotóp mérési eredmények

4. Röntgen pordiffrakciós vizsgálatok eredményei és értelmezésük a vízkémia tükrében

A röntgen pordiffrakciós vizsgálatok alapján a – Kelemenszék mederüledékéből és a megfigyelőkutak reprezentálására használt K/4-es fúrásból származó - minták ásványos összetétele gyakorlatilag azonos. Előforduló ásványok: kvarc, muszkovit, kalcit, dolomit. A földpátok főként albit formájában vannak jelen, ritkábban anortitként vagy mikroklinként. Szinte minden mintában kimutatható a klorit (klinoklór formájában). Néhány minta klorit-szerpentinitet, agyagásványt (illit), és amfibolt (termolit) is tartalmaz. A K/4 fúrás teljes mélységéig (10,5 m) a minták ásványos összetétele gyakorlatilag nem változik.

A tóparton, a sókivirágzásokból vett minták ásványos összetétele nagy hasonlóságot mutat a fent leírtakkal, hiszen a minták minden esetben tartalmazzák a törmelékes üledék és a talaj egyéb ásványszemcséit is. Jellemző ásványok: kvarc, muszkovit, kalcit, dolomit, albit, klinoklór, tremolit. A minták többségében megjelentek a sóásványok: termonátrit ($Na_2CO_3 \cdot H_2O$) és egy mintában a nátron ($Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$) is. A kelemenszéki minták – mint az eddig is ismert volt - a Na-karbonátos társulások közé sorolhatók (Szakáll et al, 2006). A nátront magyarországi mintákban minden esetben roppant kis mennyiségben tudták csak kimutatni (Szakáll et al, 2006), ugyanis a nátron 30 °C felett, vízvesztés következtében termonátrittá alakul (Stoops, 1987, in Szendrei et al., 2006). Nem zárható ki további fázisok jelenléte sem, mivel a Kelemenszékkel azonos É-D-i szikes zónában fekvő Zabszék partjáról hat különböző só ásványt mutattak ki 4 év alatti ismételt mintavétellel (Szendrei et al, 2006).

Értelmezés

Értelmezésünkben arra keresünk választ, hogy a fúrási rétegsorok, a meder és a sóminták ásványos összetétele hogyan viszonyul a tóvíz és a környező felszín alatti víz összetételéhez. Levezethető-e a tóvízből és a környező talajvízből való kiválásból, vagy helyi víz-kőzet kölcsönhatás következményeit mutatja.

A kérdés megítélése érdekében a tó és a K/4-es kút átlagos kémiai összetételére (mivel a sóminta ennek környezetéből származik), kiszámítottuk az egyes ásványok telítettségi indexeit a PHREEQC 3.8-as program segítségével.

A telítettségi index (SI) megmutatja, hogy a víz adott ásványra nézve telítetlen ($SI < 0$) telített ($SI = 0-1$) vagy túltelített ($SI > 1$), azaz az adott ásvány kicsapódik, oldódik avagy csak szállítódik az adott közegben. A termonátritra Tóth Zs. (2007) külön végzett számításokat, mivel erre a program nem használható (4. táblázat).

	SI: K/4	SI: tóvíz
kalcit	0,5	1,38
dolomit	1,28	3,5
aragonit	0,35	1,24
talk	1,95	7,23
kvarc	0,38	-0,01
goethit	8,19	7,65
termonátrit	0,0023	0,002

4. táblázat A Kelemenszék környezetében kimutatott ásványok telítettségi indexe

A tóvíz-minta a kvarc kivételével minden ásványra nézve túltelített, ez nem meglepő a korábbi irodalmi utalások tükrében, miszerint a tóban dolomit és kalcit kiválás zajlik (Molnár B., Kuti L., 1978) Azaz a mederben kimutatott kalcit és dolomit levezethető a tóvízből való kicsapódásból. A K/4-es kút vize kalcitra, aragonitra és termonáritra telítetett, a többi ásványra túltelített. Ebből következik, hogy felszíni termonárit a magas Na^+ tartalmú talajvízből levezethető.

Ugyanakkor a K/4-es fúrás rétegsor kimutatott ásványos összetétele semmiféle összefüggést nem mutat a környező talajvíz összetételével. A minta csakis a kőzetalkotó domináns ásványokat tartalmazza. Ez alapján kizárható, hogy a felszíni sókiválás helyi víz-kőzet kölcsönhatás következménye, mindenképpen allochton vízből származtatható.